

в объеме образца из-за сильного выделения водорода в результате химической реакции, который препятствует проникновению кислотного раствора в поры, заполняя их. Травление изменяет параметр общей пористости образца, что приводит к изменению механических показателей, например, уменьшению общего модуля Юнга структуры [2].

Список литературы

1. Wysocki B. et al. Post processing and biological evaluation of the titanium scaffolds for bone tissue engineering //Materials. – 2016. – Т. 9. – №. 3. – С. 197.
2. Persenot T. et al. Enhancing the tensile properties of EBM as-built thin parts: effect of HIP and chemical etching //Materials Characterization. – 2018. – Т. 143. – С. 82-93.

ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ СКЭФФОЛДОВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА, ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫМИ МИКРОКАПСУЛАМИ, ЗАГРУЖЕННЫМИ БСА- ФИТЦ, ДЛЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ВЫСВОБОЖДЕНИЯ ИНКАПСУЛИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА

А. ПРЯДКО, Е.А. ЧУДИНОВА, М.А. СУРМЕНЕВА, Р.А. СУРМЕНЕВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: surmenevamarina@mail.ru

Имплантаты на основе титановых сплавов, изготовленные с помощью аддитивных технологий, могут воспроизводить сложную микроструктуру костей, обладать требуемой пористостью с желаемыми размерами пор, формой и кривизной поверхности, что позволяет улучшить остеоинтеграцию и увеличить срок их службы. Для улучшения биосовместимости металлов на их поверхность могут быть нанесены биологически активные вещества. С целью достижения пролонгированного действия данных веществ и необходимых концентраций эти биологически активные молекулы необходимо вводить систематически, равномерно, однако, выделение физически адсорбированных молекул с поверхности происходит за короткое время после имплантации.

В данной работе предлагается получение полиэлектролитных микрокапсул для их использования в качестве носителей для доставки биологически активных соединений, которые могут вводиться в необходимых концентрациях для достижения необходимого терапевтического эффекта. Капсулы могут быть загружены различными препаратами или модельными веществами, в зависимости от цели их использования. В связи с этим данная работа направлена на функционализацию Ti6Al4V скэффолдов, посредством нанесения микрокапсул, загруженных бычьим сывороточным альбумином (БСА-ФИТЦ), используемым в качестве модели высокомолекулярного вещества, на поверхность скэффолда для обеспечения равномерного, долгосрочного высвобождения загруженного вещества при имплантации.

Используемые для проведения эксперимента Ti6Al4V скэффолды были получены методом электронно-лучевого плавления. Получение микрокапсул включает в себя два этапа: синтез кальций-карбонатных ядер посредством соединения солей CaCl_2 и Na_2CO_3 и загрузкой БСА-ФИТЦ, далее формировались оболочки на ядрах методом послойной электростатической самосборки противоположно заряженных полиэлектролитов: полиаллиламин гидрохлорида (ПАГ) и полистиролсульфоната натрия (ПСС) [1]. Модифицирование поверхности скэффолдов осуществлялось посредством погружения образца в полиэлектролит и осаждением микрокапсул с БСА-ФИТЦ на скэффолды.

Морфология полученных капсул и образцов, исследованная с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), представлена на рисунке 1. Синтезированные микрокапсулы имеют, в основном, сферическую форму, их диаметр составляет $1,9 \pm 0,1$ мкм.

Стоит отметить, что нанесение полиэлектролитного слоя делает поверхность образца более гладкой (рис.1 Б), т.е. более предпочтительной для фибробластов, участвующих в процессе заживления ран, регенерации тканей, ангиогенеза [2,3].

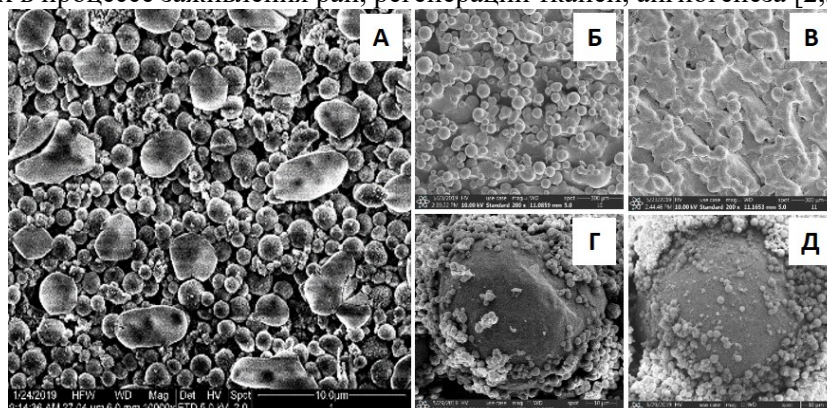


Рисунок 1 – СЭМ-изображения капсул, загруженных БСА-ФИТЦ (А), титановых образцов без модифицирования (Б,Г) и с осажденными микрокапсулами с БСА-ФИТЦ на предварительно обработанной ПАГ поверхности (В, Д)

Результаты измерения смачиваемости функционализированного скэффолда методом сидячей капли показывают, что поверхность образцов с микрокапсулами является гидрофильной, контактный угол смачивания для воды составляет 85° , в то время как для немодифицированного образца - 96°). Отмечается, что гидрофильная поверхность может способствовать лучшей адгезии клеток и усилению клеточной пролиферации [4].

С использованием метода динамического рассеяния света были проведены измерения zeta-потенциала микрокапсул: $-18 \pm 1,8$ мВ. Установлено изменение знака zeta-потенциала после нанесения каждого полиэлектролитного слоя.

Для определения концентрации загруженного вещества в капсулы был использован метод спектрофотометрии. Концентрация БСА-ФИТЦ в микрокапсулах равна 1,094 мг/мл, эффективная загрузка – 54,2 %. Для капсул, осажденных на модифицированную полиэлектролитом поверхность, концентрация БСА-ФИТЦ равна 0,93 мг/мл, на немодифицированную поверхность – 0,82 мг/мл. Модификация поверхности образцов слоем полиэлектролита позволяет увеличить количество осажденных микрокапсул, что, в свою очередь увеличивает количество биоактивного вещества на поверхности скэффолда и обеспечивает более продолжительное высвобождение вещества для достижения необходимого терапевтического эффекта.

Таким образом, в данной работе был использован модельный подход, позволяющий сравнить характеристики модифицированной полиэлектролитом с осажденными микрокапсулами, загруженными БСА-ФИТЦ и немодифицированной поверхностей.

Список литературы

1. Pargaonkar N. et al. Controlled release of dexamethasone from microcapsules produced by polyelectrolyte layer-by-layer nanoassembly //Pharmaceutical research. – 2005. – Т. 22. – №. 5. – С. 826-835.
2. Jiang X. et al. Dracorhodin perchlorate regulates fibroblast proliferation to promote rat's wound healing //Journal of pharmacological sciences. – 2018. – Т.136. – №. 2. – С. 66-72.
3. Cao R. et al. Angiogenic synergism, vascular stability and improvement of hind-limb ischemia by a combination of PDGF-BB and FGF-2 //Nature medicine. – 2003. – Т. 9. – №. 5. – С. 604-613.
4. Speranza G., Della Volpe C., Catapano G. Surface wettability of model microporous membranes enhances rat liver cell functions in sub-confluent adherent culture in a continuous-flow recycle bioreactor depending on the ammonia concentration challenge //Journal of Membrane Science. – 2014. – Т. 464. – С. 149-160.